

解説

推進用ヒューム管の「数字・ファクト・ロジック」

し お み ま さ の り
塩見 昌紀

ゼニス羽田(株)
顧問 (本誌編集参与)

1 はじめに

筆者の知る限りにおいて、最終的には静止した土木構造物になるものの、施工中に最終成果物となる部材が地中を移動し、それに伴い軸方向力や土圧等の荷重条件が時々刻々に変化していく工法は推進工法だけではないかと思えます。橋梁やダムなどの土木構造物は完成に至るまで地震動などがない限り、変動荷重が加わることはありません。推進工法に類似するシールド工法ではセグメントがマシン反力を負担するものの、いったん組み立てれば原則として動きません。静的な荷重として土圧を取り扱うことのできるセグメントと推進工法におけるヒューム管とはリスク面において大きく異なります。

特に推進工法は施工機械の目覚ましい進歩とオペレータをはじめとする作業者の技術スキル向上で、長距離化や急曲線推進、複合曲線推進が可能になってきましたので、なおさらヒューム管に加わる力は複雑になっていると思えます。本稿では下水道協会規格のバックボーンとなっている推進用ヒューム管の考え方を、主として長距離推進にまつわる事項について解説を加えたいと思えます。そして今後、さらに増加すると思われる難しい施工現場におけるヒューム管の選択について、筆者の考えを述べたいと思えます。

2 推進用ヒューム管の力学的考え方

蛇足かもしれませんが、推進用ヒューム管の許容耐荷力や外圧強さに関して根拠となっている考え方を簡単に整理しておきます。

2.1 許容耐荷力

許容耐荷力はヒューム管有効断面積に許容平均圧縮応力度を乗じて求めます。この許容平均圧縮応力度は50N管で 13N/mm^2 、70N管で 17.5N/mm^2 と、ほぼ設計基準強度の1/4となっています。この主な根拠となった実験は二つあります。

- ①青森市公共下水道呼び径2700での実験¹⁾
- ②破壊強度試験²⁾

①の実験は実際の下水道工事施工現場でのもので、②は $6.1 \times 4.9\text{m}$ の矩形断面をもつコンクリート躯体に模擬推進設備を設置し、全断面加圧だけでなく、4点加圧、2点加圧および偏位加圧により実際の発進立坑で生じる荷重条件に近づけた模擬実験となっています。どちらの実験もヒューム管に軸方向圧縮力を加え、管体に数十点～数百点貼付したひずみゲージによりひずみ分布を計測したものです。これらの実験結果では、軸方向荷重の各段階において、ひずみの単純平均値 ($\varepsilon_{\text{mean}}$) と最大ひずみ (ε_{max}) をX軸とY軸に散布図としてプロットしていきます。その結果得られたものが図-1であり、近似直線として次式を得ています。

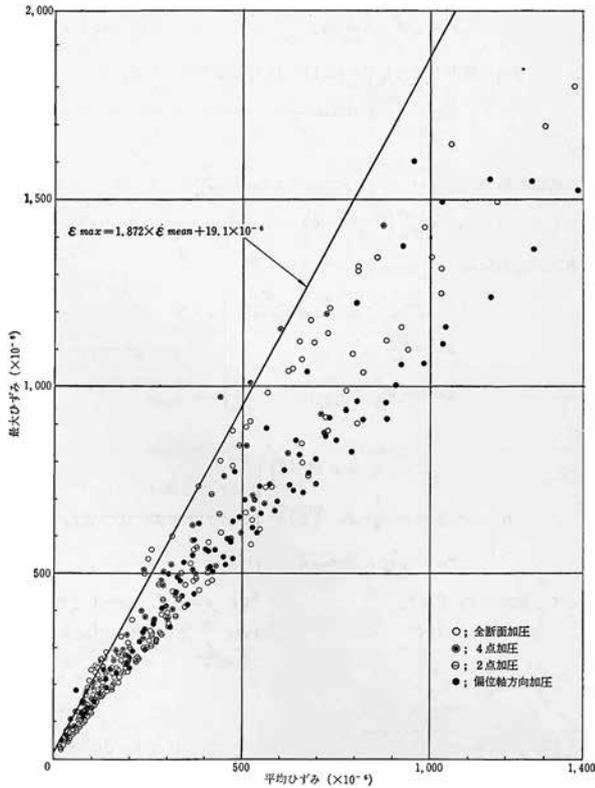


図-1 平均ひずみと最大ひずみとの関係²⁾

$$\epsilon_{\max} = 1.872 \times \epsilon_{\text{mean}} + 19.1 \times 10^{-4} \quad \dots \dots (1)$$

また、コンクリートの圧縮応力度と圧縮ひずみの関係は以下の式に定義しています。

$$\sigma = 3.72 \times 10^5 \epsilon + 0.611 \times 10^8 \epsilon^2 - 6.322 \times 10^{10} \epsilon^3 \quad \dots \dots (2)$$

ここに、 σ : 圧縮応力度 (kgf/cm²)

ϵ : 圧縮ひずみ

式 (2) によって a) コンクリート許容圧縮応力度時の圧縮ひずみを計算し、b) その圧縮ひずみが最大ひずみとなる場合の平均ひずみを式 (2) によって推定し、c) 得られた平均ひずみを再び式 (2) の ϵ に代入すれば許容平均圧縮応力度が得られるというものです。

ここでの考え方の根底には当時の許容応力度設計法があり、まず設計基準強度の1/2を許容圧縮応力度(すなわち安全率=2)として(2)式に代入するところがスタートとなっていることで比較的安全な設計になっていると思われます。また近年用いられることの多い、剛性の大きな押輪を使用することにより、最大ひずみと平均ひずみとの差が小さく改善されることも考えられるので、今後、許容耐荷力は再検証する価値のある課題かもしれない

と思います。まず許容応力度設計法から脱却して「限界状態設計法」の使用限界状態での評価を検討してみてもいいでしょう。

許容耐荷力と混同されやすい事例として、大口径の半管を用いる場合などで推進力伝達材のない位置をジャッキ位置としたために立坑内で曲げ破壊やせん断破壊を誘発している事故や、発進から曲線位置までの距離が不足するためのトラブルが発生することも散見されておりますが、これらは許容耐荷力とはまったく異なる次元の事象であることを注意してください。

なおコンクリートの設計基準強度を大きくするためには、水セメント比を極端に小さくして振動を加えながら遠心成型する方法や、シリカフュームや石膏を主成分とする高強度混和材を配合して、コンクリートの緻密化を図る方法が用いられています。これらは比較的、確立した技術です。

2.2 外圧強さ

ヒューム管の外圧強さには1種管と2種管および3種管がありますが、2種管以上の外圧強さを確保しているのはプレストレス導入、すなわちプレストレスコンクリート技術に類するものです。一般に橋梁などで使用するプレストレスコンクリートは図-2に示すようにあらかじめ緊張しておいたPC鋼より線を抱き込んでコンクリートを打設します。そしてコンクリートの養生を経て、所定の強度に

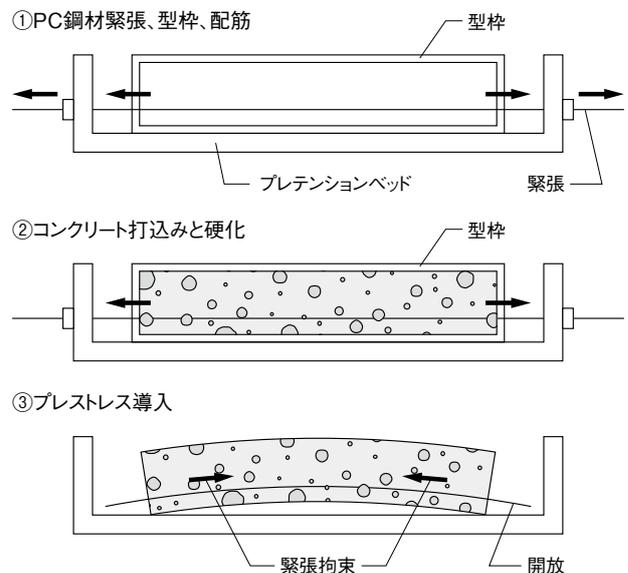


図-2 プレストレスコンクリート